

# Analysis of Overarm Throwing Movements with Various Kinds of Balls

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/23436">http://hdl.handle.net/2297/23436</a>

# 異なるボールを使用しての投動作の分析

森田茂男・宮口和義\*

## Analysis of Overarm Throwing Movements with Various Kinds of Balls.

Shigeo MORITA・Kazuyoshi MIYAGUCHI

### I 緒 言

投運動は、走・跳運動と並んで人間の基本運動のひとつとして取りあげられることが多い。しかも、走・跳にくらべ上手・下手といった巧みさが最もよく現れる動作でもある。

この投動作の様式にもいろいろあるが、陸上競技での砲丸投のショット・ putt、円盤投のサイド・スロー、やり投のオーバーハンド・スロー、ソフトボール（特にピッチング）のアンダーハンド・スローなど多種に及ぶが、代表的なものはやはり、オーバーハンド・スローである。遠投能力が最も優れているという点もさることながら、年少者が物を投げるといふ発達段階をみても、両手でショット・ puttのように押し出すようにして投げる様式から、大きなボールをかかえてサイド・スローのように腕を横に振って投げる様式へ、そしてやがて片手にな

り、アンダーハンド・スローなどを経て、最終的にオーバーハンド・スローへと変化していくのが投動作の発展過程とみることができる。

つまり、様々な事柄がこのオーバーハンド・スローに集約されているのではないかと思われる。

したがって、このオーバーハンド・スローが投動作の中でもとりわけ難しい技術ともいえよう。特に、図1のように女子においてこの投動作を苦手とするものが多いことに気付く。確かに我国においては野球が盛んなことから、児童期に野球に親んだ男子はこのオーバーハンド・スローを得意としているようである。しかし柔軟性において女子の方が男子より優れている点を考えるならば、練習次第で女子もかなりのところまでいけるのではないかと思われる。

オーバーハンド・スローを含むスポーツ競技は、陸上競技のやり投をはじめとして、野球、ハンドボール、アメリカンフットボールなどその数は非常に多い。さらに、各種スポーツにお

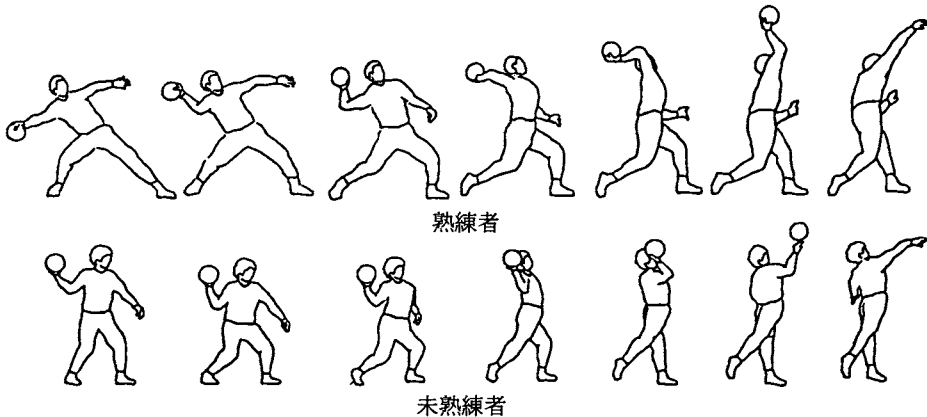


図1 ハンドボール投げにおける熟練者と未熟練者の投フォーム

ハンドボール, アメリカンフットボールなどその数は非常に多い。さらに, 各種スポーツにおいては様々な形状, 大きさ, 重さの投擲物が用いられ, その目的も, より遠くへ投げる投距離だけをねらうものや, 正確に投げることを考えるもの, さらに遠くへ正確に投げることを目的とするものなど様々である。このようにオーバーハンド・スローの上手・下手がその競技のカギを握っているといっても過言ではない。

投擲物に与えられる運動量という点から, オーバーハンド・スローの投動作を考えた場合, 投の対象となる投擲物の重さ, また, 動作が手によるところから, 投擲物の形状・大きさといった対象物の物理条件によってそれぞれ異なった形式となるものと思われる。

そこで, 本研究では被検者に投動作の熟練者(やり投選手)と, 未熟練者(女子中学生)を対象に, いろいろな重量及び大きさの異なるいくつかのボールを使用し, オーバーハンド・スローで, 最長距離を得るように投げさせ, その際の身体各部位の動きの相違について分析し, 投擲物の物理的条件が投動作について, どのような影響を与えるかを解明し, 未熟練者の巧みな投動作獲得のための方法について追求しようとしたものである。

## II 方 法

投動作の撮影にはビデオカメラを使用した。カメラは被写体から10m離れて側方から撮影した。レンズの高さは地上1.5mとした。

投球動作は助走なしのその場投げとし, オーバーハンド・スローで投げさせた。いずれのボールの場合も, 被検者は投てき方向に向って真横に立ち, ボールを胸の前に保持する構えの姿勢から, 投距離をねらい最大努力で投げさせた。

使用したボールは, 一般に各種スポーツ用として使用されているもので, バasketボール, サッカーボール, バレーボール, ハンドボール(運動能力テストで用いる中学生用とトレーニング用を使用した), やり投用ボール(やり投のトレーニング手段として用いられるノッケンバ

ル), ジュニアオリンピック種目であるボール投げのボール, 硬式テニスボール, 卓球ボールの9種類である。

同一のボールは試行間隔3分間をおいて2回ずつ投げさせ, 記録(投距離)の良い方を分析の対象とした。

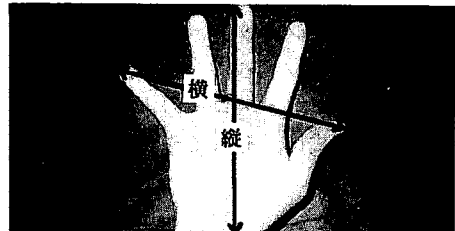
被検者は, 熟練者としてやり投選手(元県記録保持者)男子1名と, 未熟練者として特別に投の訓練を行ったことのない女子中学生2名の計3名であった。なお, 被検者の身体的特性については表1に示すとおりである。

投動作の解析にはSONY社製ビデオ解析器を用い, フォワード・スイング開始からボール・リリースまでの上肢のスティックピクチャーを作成し, このスティックピクチャーより上肢各部位の速度を算出した。

表1 被検者の身体的特性

被検者	身長 cm	体重 kg	握 力		利腕の手の大きさ※		年齢
			右kg	左kg	縦 cm	横 cm	
M. K ♀	164.0	54.5	35	29	18.6	18.0	14
H. A ♀	168.4	60.4	35	35	19.2	18.4	14
M. M ♂	183.0	87.5	76	75	21.4	25.2	25

※利腕の手の大きさ



## III 結果及び考察

### 1. 大きさ・重さの異なるボールを投げたときの投距離

表2は各被検者が, 大きさ・重さの異なるボールを投げたときの投距離(遠投距離), 及び初速度を示したものである。

トレーニング用として開発されたボールを除いて, ボールゲームで現在取り扱われているボールは, 一般に形状が大きくなれば重さも同時に増加している。表2に示されているように,

表2 大きさ、重さの異なるボールを投げたときの投距離、および初速度

	重量 g	半径 cm	M. K		H. A		M. M	
			投距離 m	初速度 m/sec	投距離 m	初速度 m/sec	投距離 m	初速度 m/sec
バスケットボール	620	11.9	14.56	12.68	15.30	13.43	34.85	21.68
サッカーボール	440	10.9	14.38	13.14	17.51	13.88	35.40	23.41
バレーボール	270	10.3	16.44	15.17	19.26	16.16	38.25	25.88
ハンドボール	360	8.8	17.58	14.06	20.39	16.34	47.85	27.50
重ハンドボール	600	8.8	14.51	12.36	15.25	12.54	44.55	24.54
やり投用ボール	600	4.8	17.79	11.83	15.35	12.68	48.00	24.84
J Oボール	300	3.8	22.14	15.22	20.44	14.62		
硬式テニスボール	50	3.2	24.30	19.47	19.90	17.31		
草球ボール	2.5	1.35	12.02	18.83	10.58	17.46	15.30	

形が大きくなり、重量が増すにしたがって投距離は各被検者とも低減している。

しかし、重量がともに約600gであるバスケットボール、重ハンドボール、やり投用ボールに注目してみると、重量が等しいにもかかわらず、熟練者であるM. Mの記録が34.85m、44.55m、48.00mとかなりの差がみられる。これはボールの形状が記録に影響を与えたものと考えられる。

そこで、ボールの形状(大きさ)を示す半径についてみると、バスケットボールは11.9cmであり、これは片手では持てない大きさであり、たとえ持つことができたとしてもその状態で手を振り回すことができない大きさである。(つかめないボール)

次に重ハンドボールでは8.8cmで、これはハンドボールの競技中に片手で操作することを考え合わせるなら、片手でつかめる大きさである。しかし、握るという動作を“拇指と小指でつまみ上げる”とするなら、これはつかむことはできるが、握ることはできないボールであるとい

えよう。(つかめるボール)

やり投用ボールは、半径が4.8cmで、ほぼソフトボール3号に等しい大きさである。これは握ることが可能である。(握れるボール)

星川は、投距離はボールが握れるか、握れないかによってまず大きく支配され、それぞれの大きさの条件内では重量による影響を受けると報告している。確かに今回の実験においても、握れるボール(やり投用ボール)と握れないボール(重ハンドボール)との間に差はみられたが、それに加え、つかめるボールとつかめないボールとの間にも、投距離に影響を及ぼす要因があることが推察される。

この点に関して、ボールの大きさに対する手の大きさの割合について示したのが図2である。

ボールを思う方向へ投げるには、ボールの中心(重心)をとらえて導くことが重要である。もし、ボールの中心をとらえられず、ボールの中心から外れた位置を押すことになれば、現象としては、一般にいわれる“手が滑った”投げになってしまう、ボールに回転だけをつけた投げになり、望ましい飛距離は望めない。

図2の(1)では、握ることが可能なことから、すでに中心をとらえている。言い換えれば、中心をとらえることが、いわゆる握るという状態を示したものと考えることができる。詳しくは拇指と小指の距離がボールの外周の半分以上を覆うということである。

(3)ではボールの半径が12cmにもなることから、投げの際、ボールを素速く押し出すときに、指先が中心(重心)をとらえることは、かなり困難なように思われる。実際、投射後の面接においても、M. Mは最も投げづらかったのはバスケ

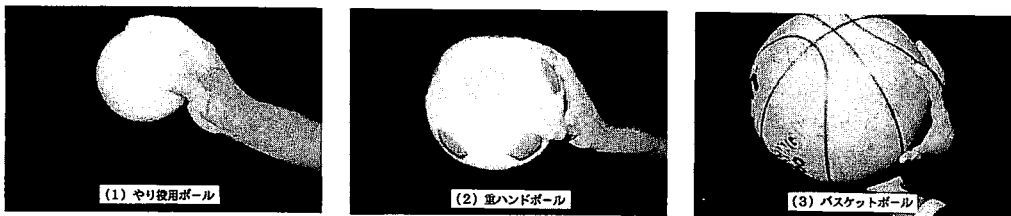


図2 ボールの大きさと手の大きさの割合

ットボールだと答えている。それに対して(2)になると半径も8.8cmになり、手と中心との距離も接近し、しかも、かなりの外周を覆うことからコントロールしやすいのではないかと考えられる。

次に星川のそれぞれの大きさの条件内では、重量による影響を受けるという点についてであるが、表3は熟練者であるM. Mに同一形状で、重量の異なる2種類3パターンのボールを投げさせたときの記録である。

表3 同一形状、重さの異なるボールを投げたときの投距離、および初速度

	重量 g	半径 cm	M. M	
			投距離 m	初速度m/sec
バスケットボール	620	11.9	34.85	21.66
〃	760	11.9	31.70	18.96
男子用ハンドボール	450	9.3	44.30	25.09
〃	800	9.3	33.53	21.03
女子用ハンドボール	360	8.8	47.85	27.50
〃	600	8.8	44.55	24.54

これもみても同様の結果が認められた。

なお、未熟練者であるM. K, H. Aについては距離的には形状にそれほど影響を受けていないようであるが、やはり投動作の未熟さがかなり絡んでいるものと推察される。

## 2. 大きさ・重さの異なるボールを投げたときの、投動作におけるスティックピクチャー及び上肢各部位の速度変化からみた相違

### (1) 熟練者の場合

図4は熟練者であるM. Mが、卓球ボール、ハンドボール、バスケットボールの3種類のボールを投げたときの、利腕側(腰から上)のスティックピクチャー及び上肢各部位(肩、肘、手首)の水平速度の経時的变化を示したものである。

まず、スティックピクチャーに注目すると、ボールが大きくなるにつれ、バックスイングを大きくとっていることが認められる。これは、身体の後傾角度をみればより明瞭である。このことは、ボールが大きくなれば当然重量も増す

ことから、それに負けないだけの運動量をつくり出すためにバックスイングを大きくとっているものと思われる。言い換えるなら、ボールが大きくなるにつれ、上肢に頼った投げから全身を使った投げへと発展していくものと判断される。しかし、バスケットボールのようにつかめない大きさになると、バックスイングを始める時に、ボールが落ちないように手首を固定し保持しなければならない。そのため握れるボールのように右手の腕が十分伸展する位置まで、後方に大きくバックスイングをすることができないのである。この点に関して、豊島らも握れるボールの場合は肘関節がバックスイングで十分伸展されており、上腕三頭筋の放電が強くあられ、一方、握れないボールの場合は上腕二頭筋の放電が強く、腕が屈曲された状態にあることがわかると報告している。

投動作中、誘導されるボールの軌跡を図3に示した。これによると、ボールが大きくなるにつれてより直線に近づいていることがわかる。これは前述したように、手とボールの中心(重心)との距離に問題があると考えられる。すなわち、ボールを遠くへ飛ばすためには、ボールの中心をとらえ、投射方向に向けてまっすぐ導くことが重要であることから、手とボールの中心との距離が長くなるにつれ、身体の投射方向への並進運動(体重移動)を伴い、より直線的

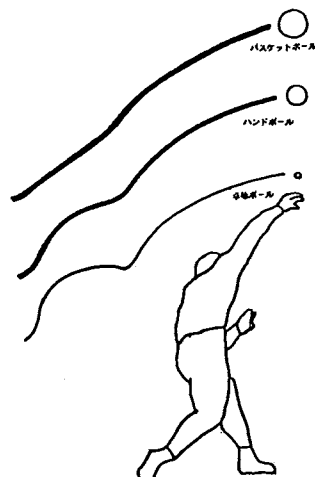
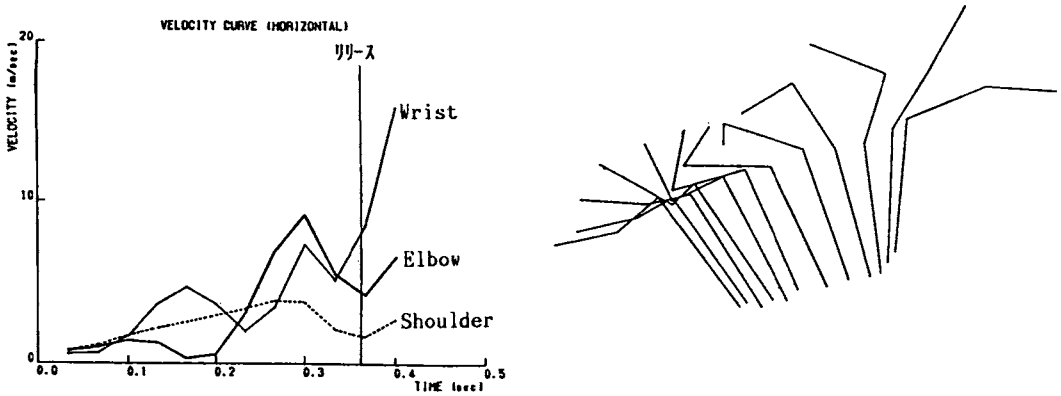
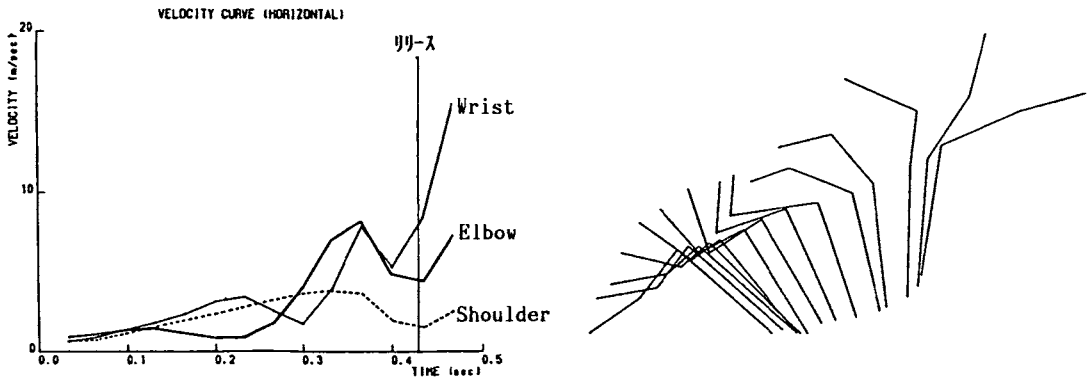


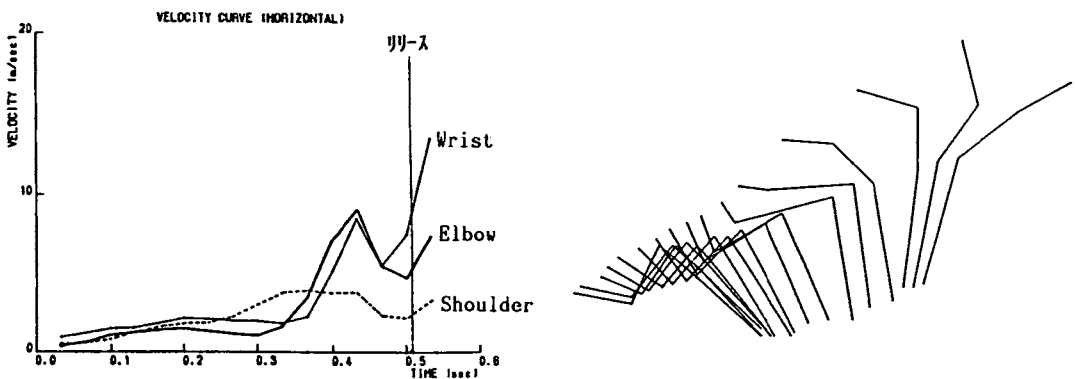
図3 側面からみた投動作中のボールの移動軌跡



(1) 卓球ボール

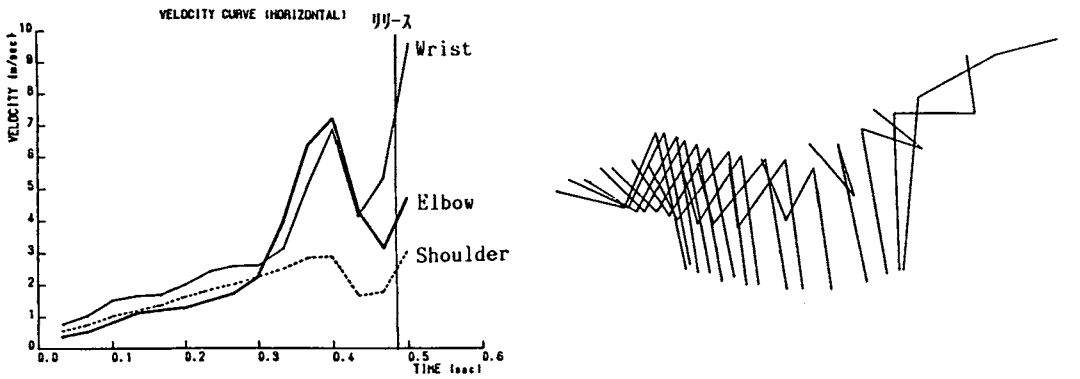


(2) ハンドボール

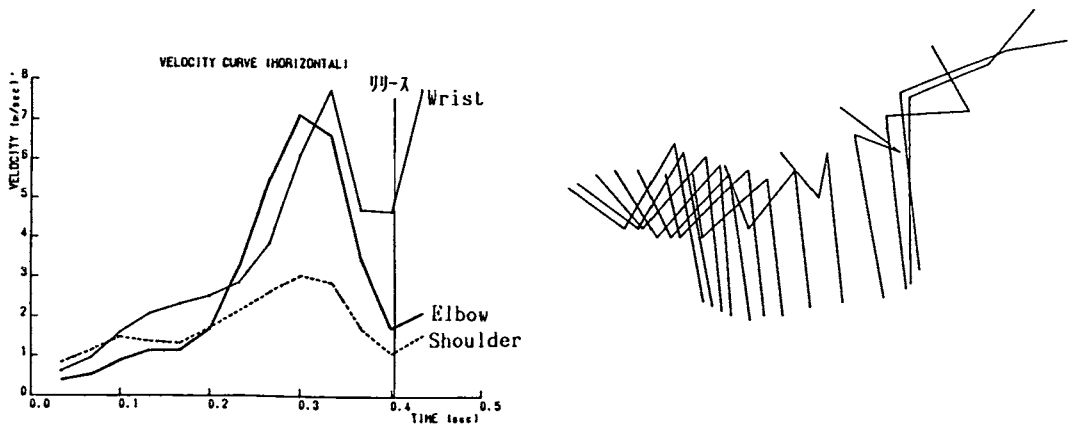


(3) バスケットボール

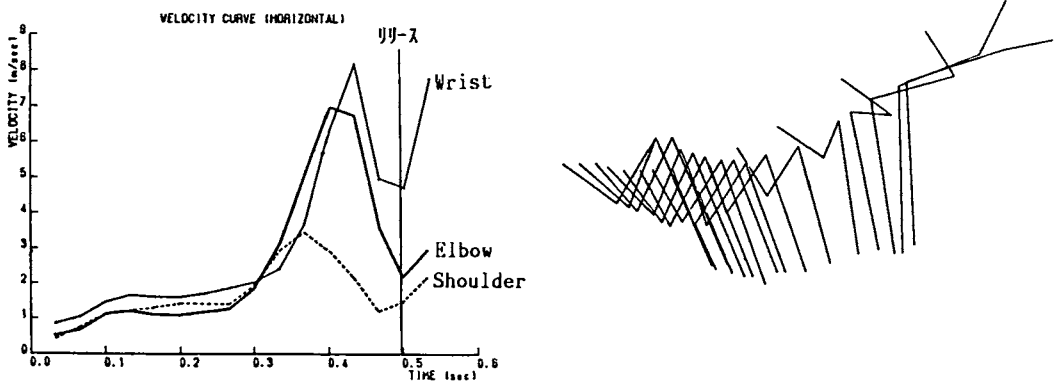
図4 大きさ・重さの異なるボールを投げたときの投動作におけるスティックピクチャー及び上肢各部位の速度変化……熟練者(M. M)



(1) 硬式テニスボール



(2) ハンドボール



(3) バスケットボール

図5 大きさ・重さの異なるボールを投げたときの  
投動作におけるスティックピクチャー 及び  
上肢各部位の速度変化…未熟練者 (H. A)

に投げ出さなければ効果的でないと推察される。

次に、投動作中の手と肘の位置関係について注目してみると、ボールが小さくなるにつれ、手が一旦、肘よりも前方に出てくることが多くみられるということである。これに引き続き、肘関節がかなり屈曲しながら主動作の前半をおわり、後半に一挙に伸展し投げ出していることがわかる。いわゆる Whiplike action (むち動作) がみられるわけである。このような身体の使用パターンは、質量の大きな体節の持つ運動量の一部分が、小さな体節へ転移するという効果的な投法であり、宮下らが仮説として提出したところの、筋の反射的活動や筋弾性エネルギーを利用した投法によく合致するものであった。バスケットボールのようなつかめない大きなボールにおいても、このむち動作はみられるわけであるが、とりわけこの握れる小さなボールにおいては、肘のスナップをよく効かして投げているものと判断される。

これらのことは身体各部位の水平速度の経時的变化をみても同様なことがいえる。つかめないバスケットボールの場合には、手首の水平速度は、およそ一定の割合で増加していくのに対し、つかめる、そして握れる卓球ボールになるに従い、肘の水平速度はリリース前、約0.26 sec から一度、その速度が減少し、0.16 sec から肘関節の急速な伸展とともに、その水平速度も再び急激な増加を示している。同様に、手首の水平速度もリリース前、約0.20 sec から一度減少し、0.13 sec から急速な速度の増加を示しリリースとなっている。この場合、手首と肘の速度の急増期に0.03 sec くらいの差(遅れ)がみられるわけであるが、これがむち動作として重要な意味をもつのである。

また、握れるボールの場合、肘の速度が主動作中、手首の速度よりもかなり上回っていることから、特に肘の速度が投射スピードに貢献しているものと考えられる。

次に、肩の水平速度に注目してみると、握れる・つかめるボールでは、主動作中は緩慢に増加しているが、つかめないボールになると肘ほ

どではないにしろ、いくらかの増加が肘に先行してみられることから、肩の動きもむち動作に加わっており、上肢によるむち動作から上体を使ったむち動作に移行していることがわかる。

## (2) 未熟練者の場合

図5は未熟練者であるH. Aが、硬式テニスボール、ハンドボール、バスケットボールの3種類のボールを投げたときのスティックピクチャー及び上肢各部位の水平速度の経時的变化を示したものである。

スティックピクチャーに注目すると、3種類のボールとも、投動作中かなり肘が下がっていることがわかる。熟練者においては肘が肩よりも下がっていないが、未熟練者の場合肘が肩より下がっている。これは投動作の未熟な者に多くみられるケースであり、特に女子に多く、M. Kがこれにあたり、同様な傾向がみられた。この姿勢では、手が肘や肩よりも前にあるために、どうしてもむち動作を行うことが困難であり、砲丸投の投動作にみられるような押し投げの状態になっている。また、肘が下がっているために、投射に先立って運動量をつくりだすためのバックスイングも、熟練者と比較すると、かなり小さかったのも未熟練者の特徴としてみる事ができる。しかし、ボールが大きくなるに従い、肘の下がりも小さくなり、加えてバックスイングを大きくとっている傾向であった。

また、フォワードスイング開始から主動作にかけて未熟練者では、一旦、身体を低くして重心を落とす傾向がみられた。これはM. Kにおいて特に強くみられたが、このことも未熟練者の特徴のひとつであるものと思われる。しかし、未熟練者であるH. A, M. Kともボールが大きくなるに従い、その傾向は小さくなっている。

次に身体各部の速度変化に注目してみると、熟練者では主動作中、肘、手首の速度が一度減少してから急激に増加していたのに対して、未熟練者では、速度の変化があまりみられない。これは、やはり肘が下がっているためにむち動作をひき起こすのに必要とされるためがつくられていないことを意味するものと思われる。



肩の速度変化は握れる硬式テニスボール、つかめるハンドボールでは、およそ一定の割合で増加していくのに対し、つかめないバスケットボールでは、やや急激に増加する時期があり、熟練者と同様に、つかめない大きなボールの場合は肩までむち動作に利用していることから、上肢に頼った投げから上体を使った大きな投げへと発展していることが未熟練者においてもみられた。桜井らの指摘する投球フォームの熟練型の特徴を述べるならば、肩→肘→手首→ボールと体幹部に近い順に順序よく加速されていくことであった。この点を考慮するなら、この3種のボール投げの速度変化を見る限り、肩→肘→手と効率よく伝えているのはバスケットボールであるといえる。

しかし、バレーボールのスパイク動作のような肘から上のむち運動、言い換えるならば肘のスナップを効かした投げは、未熟練者においては、H. A. M. K共通して小さいボールの方がこの動きがみられたわけである。

以上の検討から、未熟練者が巧みな投動作を獲得する手段としては、小さな握れるボールでは、肘のスナップを効かした投動作は身につけることができるかもしれないが、どうしても上肢に頼った投げになる可能性が高い。その点、握れない、つかめない大きなボールでは、手首を固定して投げなければならないため、上肢のむち動作は前者にくらべ、やや弱まる傾向にあるが、肩の動きを重視するようになる。したがって、肩→肘→手首→ボールと体幹部に近い順に順序よく加速されていくという大きなむち動作を身につけさせるには、大きなボールの方が有効であるといえよう。

また、大きなボールの場合、手とボールの中心（重心）との間隔がかなり離れてくることから、ボールを思う方向へ投げるには、ボールの中心をとらえ、まっすぐ導いてやることが要求される。したがって、握れるボールでは回転運動が中心になり、その場投げでよかったわけであるが、大きなボールになれば、回転運動に加えて、身体の投方向への並進運動が必要になっ

てくることから、より大きな投フォームを身につけさせるには重要であると考えられる。

しかし、未熟練者の場合、どうしても肘が下がり、投動作に最も重要なむち動作を行うことが困難であることから、注意することとして、常に肘が肩よりも上にあるような投フォームをつくりあげていくことに心掛けねばならないものと思われる。

#### IV 結 論

重量及び大きさの異なるボールを、投動作の熟練者と未熟練者にオーバーハンド・スローで、投距離を目指し全力で投げさせた。ボール条件による投動作の相違を上肢各部位のスティックピクチャーと速度変化から分析し次のような結果を得た。

1. 従来の握れる・握れないといったボールの分類に加え、つかめる・つかめないといった要因も、投動作に影響を及ぼすことが示唆された。
2. 握れるボールでは、主に肘のスナップを効かした、いわゆる上肢のむち運動による投げが行われている。
3. つかめない大きなボールでは、手首が固定されることから、握れるボールほど肘のスナップ動作がみられなかったが、肩の動きを重視するようになり、上体を使ったむち運動へと発展している。
4. 大きなボールを投げる場合、手とボールの中心（重心）とがかなり離れてくることから、まっすぐに投げ出すためには、回転運動に加え、並進運動を必要とすることから握れるボールにくらべ大きな運動となる。

投球フォームの熟練型の特徴を示せば、バックスイングが大きく、肩→肘→手首→ボールと体幹部に近い順に順序よく加速され、なおかつ投の方向へ体重の移動が行われていることが明瞭である。

これらの点をふまえて、未熟練者が巧みな投動作を獲得する手段としては、握れる小さなボ

投方向への体重移動を伴う、上体を使ったむち運動による大きな投動作を習得させるには、つかめないうちボールの方が効果が大きいものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 荒川清美：我が国におけるハンドボールの在り方（その2），体育学研究 5(1)，157，1960
- 2) 星川保：大きさと重さの異なるボールの投げ，J.J.Sports Sci. 1(2)104—109，1982
- 3) 石井喜八，中出盛雄：投球動作にみられる Power. 身体運動の科学 I，111—128杏林書院 1975
- 4) Linder, E：The phenomenon of the freedom of lateral deviation in throwing. Medicine and Sport. Vol.6.Biomechanics II. 240—245 1971
- 5) 宮丸凱史：投げの動作の発達，体育の科学30 464—471 1980
- 6) 宮下充正ら 昭和52年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No.IV投能力の向上に関する研究—第2報—
- 7) 豊島進太郎，松井秀治，宮下充正：投球動作における上肢筋の筋電図学的研究，体育学研究 Vol. 15 104—109 1971
- 8) 豊島進太郎：ボール投げと体幹のひねり，体育の科学30，278—282，1980